

2/9/1
DIALOG(R) File 351:Derwent
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

41

001530518

WPI Acc No: 1976-K3455X/197643

Commutatorless DC motor with rotor position detectors - detectors are
around rotor circumference and respond to flux from poles (NL061076)

Patent Assignee: TASC ENGINEERING (TASC-N)

Number of Countries: 002 Number of Patents: 002

Patent Family:

| Patent No | Kind | Date | Applicat No | Kind | Date | Week |
|------------|------|----------|-------------|------|------|----------|
| DE 2605759 | A | 19761014 | | | | 197643 B |
| NL 7601494 | A | 19761006 | | | | 197643 |

Priority Applications (No Type Date): JP 7540249 A 19750404

Abstract (Basic): DE 2605759 A

The commutatorless dc motor requires no extra rotor for precise position indication. This is achieved by locating a number of position detectors around the circumference of the rotor that only respond to flux generated by the motor in a given direction, and by locating positioning magnetic poles opposite the detectors and poles to give this unidirectional flux response in the detectors. Each position detector consists of a magnetic amplifier and a permanent magnet. The arrangement prevents two or more excitation windings being excited simultaneously, and also prevents none of the windings carrying current when the motor is switched on.

Title Terms: COMMUTATE; DC; MOTOR; ROTOR; POSITION; DETECT; DETECT; ROTOR;
CIRCUMFERENCE; RESPOND; FLUX; POLE

Derwent Class: V06; X11

International Patent Class (Additional): H02K-015/00; H02K-029/02

File Segment: EPI

51

Int. Cl. 2:

H 02 K 79/02

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 26 05 759 A 1

11

Offenlegungsschrift 26 05 759

21

Aktenzeichen: P 26 05 759.0

22

Anmeldetag: 13. 2. 76

43

Offenlegungstag: 14. 10. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31

4. 4. 75 Japan 50-40249

54

Bezeichnung: Kommutatorloser Gleichstrommotor und Verfahren zur Herstellung

71

Anmelder: Tasc Engineering Corp., Tokio

74

Vertreter: Kinkelin, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7032 Sindelfingen

72

Erfinder: Miyazaki, Katsuaki, Tama, Tokio (Japan)

DT 26 05 759 A 1

PATENTANWALT DIPL.-ING. ULRICH KINKELIN

2605759

7032 Sindelfingen -Auf dem Goldberg- Weimarer Str. 32/34 - Telefon 07031/86501

Telex 7265509 rose d

11. Februar 1976

11 605

TASC Engineering Corporation, 10, 5, Shinjiku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokio
Japan

KOMMUTATORLOSER GLEICHSTROMMOTOR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG

Die Erfindung betrifft einen kommutatorlosen Gleichstrommotor mit einem Rotor, mit einer am Umfang des Rotors erzeugten Anzahl von Antriebsmagnetpolen, mit um den Rotor herum angeordneten Antriebsspulen zur Erzeugung eines auf die Antriebsmagnetpole wirkenden magnetischen Flusses zum Antrieb des Rotors.

Ein kommutatorloser Gleichstrommotor dieser Art weist einen Rotor auf mit einer Anzahl längs seines Umfanges angeordneten Magnetpolen, die alternierend in verschiedenen Richtungen magnetisiert sind. Auf der Rotorwelle ist coaxial mit dem Rotor ein Hilfsrotor drehfest angeordnet. Der Hilfsrotor ist an seinem Umfangsbereich mit einer Anzahl von Magnetpolen versehen, die gleich der halben Anzahl der Magnetpole des Hauptrotors ist. Die als Permanentmagnete ausgebildeten Magnetpole des Hilfsrotors dienen zur Feststellung der Position des Hauptrotors. Die Rotorposition wird dadurch festgestellt, daß in unmittelbarer Nähe und den Polen des Hilfsrotors gegenüberstehend Positionserkennungselemente angeordnet sind. Das Positionserkennungssignal wird zur wechselweisen Erregung der zum

609842/0578

Antrieb des Rotors um diesen herum angeordneten Antriebsspulen benutzt.

Ein Gleichstrommotor dieser Art benötigt keine Bürsten, hat eine sehr lange Lebensdauer, eine vergleichsweise hohe Leistung und ist sehr zuverlässig. Aufgrund dieser Vorteile werden kommutator- oder bürstenlose Gleichstrommotoren für eine Vielzahl von Geräten einschließlich Plattenspielern und Tonbandgeräten verwendet. Ein bekannter bürsten- oder kommutatorloser Gleichstrommotor ist in der Fig. 1 schematisch dargestellt. Dieser Motor hat einen Rotor 1, der mit einer Anzahl von Antriebsmagnetpolen versehen ist, die längs des Umfanges alternierend Süd- und Nord-Polarität aufweisen. Mit dem Rotor 1 ist coaxial drehfest ein Hilfsrotor 2 verbunden, der an seinem Umfang eine Anzahl von Positionserkennungsmagnetpolen aufweist, die halb so groß ist wie die Anzahl der Antriebsmagnetpole des Hauptrotors 1. Um den Rotor 1 herum sind in unmittelbarer Nachbarschaft desselben Antriebswicklungen 3a bis 3c gleichmäßig verteilt befestigt. Ebenfalls in gleichmäßiger Verteilung sind längs des Umfanges des Hilfsrotors 2 Positionserkennungselemente 4a bis 4c angeordnet, deren jedes mittels aus einem magnetischen Verstärker mit einem sättigbaren Kamm und darauf gewickelten Spule besteht. Aus Bauelementen mit Schaltereigenschaften bestehen ^{de} Antriebsschaltkreise 5a bis 5c sind zur Steuerung des Antriebsstromes vorgesehen, der den Antriebswicklungen 3a bis 3c auf einer Gleichstromquelle zugeführt wird. Die Antriebsschaltkreise 5a bis 5c ihrerseits werden mittels einer Steuereinheit 6 mit Hilfe der Erkennungssignale gesteuert, die infolge der Variation des Widerstandes der Positionserkennungswicklungen 4a bis 4c, die durch die Rotation des Hilfsrotors hervorgerufen wird, magnetisch moduliert sind. Die Positionserkennungswicklungen werden aus einer Hochfrequenzstromquelle gespeist. Ein solcher Gleichstrommotor ist beispielsweise

aus der veröffentlichten japanischen Patentanmeldung sho-48-33 443/1973 bekannt.

Bei diesem Gleichstrommotor sind die Wechselstromwiderstände der Positionserkennungsspulen 4a bis 4c unter dem Einfluß des von den Magnetpolen des Hilfsrotors 2 herührenden magnetischen Flusses Änderungen ausgesetzt, die, wenn das Ausgangssignal der Hochfrequenzstromquelle 7 an den Positionserkennungsspulen angelegt ist, zu einer entsprechenden magnetischen Modulation des in den Spulen fließenden Hochfrequenzstromes führen. Auf diese Weise kann die Position des Hauptrotors 1 festgestellt werden. Das mittels der Steuereinheit 6 abgeleitete Positionserkennungssignal wird den Antriebsschaltkreisen 5a bis 5c zugeführt, die mit den zugeordneten Antriebswicklungen 3a bis 3c verbunden sind. Die Wirkung dieser Schaltung besteht darin, daß die Antriebsschaltkreise 5a bis 5c einen Antriebsstrom derjenigen Antriebswicklung zuführen, die durch die Positionserkennungsspule 4a bis 4c identifiziert worden ist.

Der bekannte kommutatorlose Gleichstrommotor besitzt gute Eigenschaften hinsichtlich seiner Lebensdauer, hinsichtlich seiner elektrischen Rauscheigenschaften und ermöglicht wegen der Verwendung eines magnetischen Verstärkers als Positionserkennungselement eine sehr genaue Bestimmung der Position des Hauptrotors 1. Der Motor hat aber auch Nachteile. An erster Stelle ist zu nennen, daß dem Versuch, den Motor mit kleineren Abmessungen zu bauen, Grenzen gesetzt sind, da der Hauptrotor 1 und der Hilfsrotor 2 als getrennte Teile ausgebildet sind, obwohl sie koaxial angeordnet werden. Dies ist insofern schwerwiegend, als die Schaltkreiseinrichtungen eines mit einem bürstenlosen Gleichstrommotor ausgestatteten elektrischen Gerätes mehr und mehr miniaturisiert

werden, diese Miniaturisierung aber wegen der im Hinblick auf eine Verkleinerung der mechanischen Teile des Geräts bestehenden Schwierigkeiten nur in beschränktem Maße möglich ist. Es besteht also ein erhebliches Bedürfnis nach einem Gleichstrommotor mit kleineren Abmessungen.

Im Hinblick auf eine Verminderung der Motorgröße und des Motorgewichtes könnte man daran denken, den Hauptrotor 1 auch als Hilfsrotor 2 zu verwenden. In diesem Falle wird es jedoch unmöglich, ein Positionserkennungssignal zu erhalten, das als Steuersignal zur Erzeugung eines Drehmomentes benutzbar ist, da ein magnetischer Verstärker in diesem Falle bezüglich des Magnetfeldes keine Vorzugsrichtung mehr sieht.

Betrachtet man den bekannten Gleichstrommotor vom Standpunkt der Schaltungstechnik aus, so ergibt sich, daß die durch die Antriebswicklungen 2a, 2b und 2c fließenden Ströme exakt um 120° außer Phase, d. h. um diesen elektrischen Winkel (oder Leitungswinkel) gegeneinander phasenverschoben sein müssen. Jedoch kann eine solche ideale Phasenrelation der in den Antriebswicklungen fließenden Ströme sehr leicht erheblichen Schwankungen unterworfen sein, als Folge einer Änderung des Ausgangssignals der Hochfrequenzversorgungsstromquelle 7, aufgrund von Temperatur-bedingten Schwankungen der Kollektorströme der in den Schaltkreisen 5a bis 5c benutzten Transistoren, als Folge von Belastungsschwankungen und aufgrund von Änderungen der relativen Anordnung des Rotors und der Positionserkennungswicklungen 3a bis 3c (Ungleichmäßigkeit der mechanischen Abmessungen und des Magnetisierungsverlaufs im Rotor).

Aus diesen und anderen Gründen kann der Leitungswinkel entweder kleiner oder größer als 120° sein. Unterhalb von 120° kann es einen Winkelbereich geben, in dem in keiner der Antriebswicklungen 2a bis 2c ein Strom fließt. Wenn andererseits der Leitungswinkel 120° überschreitet, dann werden zumindest zwei der Antriebswicklungen gleichzeitig erregt, was zu einer ungleichmäßigen Drehmomentverteilung führt. Auch können bei mangelnder Gleichmäßigkeit des Magnetisierungsverlaufes, ungenauer Platzierung der magnetischen Verstärker und bei verschiedenen Kenndaten derselben ohne weiteres Schwankungen in der Stärke des für die Stellung des Rotors charakteristischen Signales auftreten und dadurch Schwierigkeiten im Hinblick auf eine gleichmäßige Drehbewegung des Rotors entstehen.

Demgemäß besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen kommutatorlosen Gleichstrommotor der eingangs genannten Art zu schaffen, der zur Positionserkennung keinen Hilfsrotor benötigt und damit auch eine geringere Baugröße und ein geringeres Baugewicht hat, wobei außerdem die Genauigkeit der Positionserkennung verbessert sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß längs des Umfangs des Rotors Positionserkennungselemente angeordnet sind, die nur auf den in einer bestimmten Richtung vom dem Rotor erzeugten magnetischen Flusses ansprechen.

Mit Ausgestaltungen der Erfindung gemäß den Unteransprüchen lassen sich folgende Vorteile erzielen:

Es läßt sich sowohl vermeiden, daß zwei oder mehr Antriebswicklungen gleichzeitig

erregt sind als auch verhindern, daß keine der Antriebswicklungen beim Einschalten des Motors Strom führt, und es läßt sich auch erreichen, daß dies unabhängig von Änderungen einzelner Schaltkreiseigenschaften möglich ist.

Auch bei gewissen Schwankungen der Höhe des Positionserkennungssignals läßt sich eine gleichmäßige Drehbewegung des Rotors erreichen.

Schließlich kann auch der Stromverbrauch im Vergleich zu dem bekannten kommutatorlosen Gleichstrommotor niedriger gehalten werden.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zum Herstellen eines kommutatorlosen Gleichstrommotors mit einem Rotor mit Antriebsmagnetpolen, mit um den Rotor herum angeordneten Antriebswicklungen, die einen magnetischen Fluß erzeugen, der zum Antrieb des Rotors auf die Antriebsmagnetpole einwirkt und mit Positionserkennungselementen zur Feststellung eines magnetischen Flusses in einer bestimmten Richtung für die Positionserkennungselemente einstückig mit dem Rotor ausgebildet sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß nach der Magnetisierung des Rotors eine Anzahl auf Joche gewickelter Spulen an denjenigen Stellen des Rotors angeordnet werden, an denen die Antriebsmagnetpole und die Positionserkennungsmagnetpole gebildet werden sollen, und daß die gewünschten Magnetisierungsverhältnisse in den Magnetpolen durch die geeignete Stromzufuhr zu diesen Spulen erzielt werden.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnung. Es zeigt:

- Fig. 1 Ein Blockschaltbild eines bekannten kommutatorlosen Gleichstrommotors mit einer Antriebseinrichtung,
- Fig. 2 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen kommutatorlosen Gleichstrommotors mit einer Antriebseinrichtung,
- Fig. 3 in teilweise abgebrochener Seitenansicht Einzelheiten des Gleichstrommotors nach der Fig. 2
- Fig. 4 a eine Wellenformdarstellung, die den Verlauf von Positionserkennungssignalen zeigt, die von Positionserkennungswicklungen erzeugt werden,
- Fig. 4 b eine Wellenformdarstellung der Signale nach der Fig. 4 a, nach dem diese in einer Steuereinrichtung erfaßt und gleichgerichtet worden sind,
- Fig. 5 eine Magnetisierungseinrichtung, durch die ein Verfahren zum Magnetisieren des in der Fig. 2 dargestellten erfindungsgemäßen Rotors veranschaulicht ist, in einer Ansicht von oben
- Fig. 6 einen Schnitt längs der Linie VI-VI der Fig. 5,
- Fig. 7 a ein Diagramm, das das Magnetisierungsprofil und den Magnetisierungszustand des in dem Rotor gebildeten Antriebsmagnetpols zeigt,
- Fig. 7 b ein Diagramm, das die Magnetisierungsprofile und -Zustände eines Positionserkennungsmagnetpols zeigt,
- Fig. 8 eine graphische Darstellung der Wechselbeziehung zwischen den Antriebsmagnetpolen und den Positionserkennungsmagnetpolen anhand der Magnetisierungskurven

und Magnetisierungszustände,

Fig. 9 ein Schaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen kommutatorlosen Gleichstrommotors und die

Fig. 10 und

Fig. 11 Wellenformen, durch die Betriebszustände des Motors nach der Fig. 9 dargestellt sind.

In der Fig. 2, die ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen kommutatorlosen Gleichstrommotors zeigt, ist mit 21 ein Antriebsmagnetpolring bezeichnet, der an der Innenseite eines Rotors 22 angeordnet ist und aus 12 einzelnen Magnetpolen besteht, die längs des Umfangs alternierend magnetische Süd- und Nord-Polarität aufweisen. Der Antriebsmagnetpolring 21 ist außen von einem Magnetpolring 24 zur Positionsbestimmung umgeben, der 6 längs seines Umfanges eingeordnete einzelne Magnetpole umfaßt. Es ist zu beachten, daß die Magnetpole des magnetischen Rings 24 für die Positionserkennung auf der einen Seite die selbe Polarität aufweisen (Nord-Polarität) bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel und daß ihre Zahl gerade halb so groß ist wie die der inneren Antriebsmagnetpole. Diese räumliche Anordnung der Antriebsmagnetpole und der Magnetpole zur Positionserkennung wird im Folgenden anhand der Fig. 3 im Einzelnen beschrieben werden. Es ist jedoch anzumerken, daß der die Magnetpole für die Positionserkennung tragende Ring auch die Funktion des bislang bekannten zur Positionserkennung verwendeten Hilfsrotors wahrnimmt.

Wie am besten aus der Fig. 3 zu erkennen ist, hat der Rotor des dargestellten Ausführungs-

beispiels die Form einer umgedrehten, in einem axialen Schnitt U-förmigen Tasse, die im Zentrum an einer Welle 25 befestigt ist. Der Rotor 22 weist eine Innenwand 26 auf, an der ein Ring 27 aus magnetischen Material angeordnet ist. Zu beachten ist, daß die Antriebsmagnetpole 21 in radialer Richtung gesehen am inneren Umfang des magnetischen Ringkörpers 27 gebildet werden, während die Magnetpole 24 für die Positionserkennung am äußeren Umfang des Ringes 27 gebildet werden und mit einem vorbestimmten Abstand voneinander und einer solchen Magnetisierungsrichtung, sodaß die magnetische Nord-Polarität an der unteren Fläche des magnetischen Materials 27 erscheint, wie es in der Fig. 3 dargestellt ist. Innerhalb eines durch die Innenwand 26 des Rotors begrenzten Raumes sind in der Nähe des inneren Umfangs des magnetischen Ringes 27 Antriebswicklungen 30 a - 30 c angeordnet. Mit 32 a - 32 c sind Positionserkennungswicklungen bezeichnet, die unterhalb der Magnetpole 24 für die Positionserkennung und diesen gegenüberliegend angeordnet sind, sodaß diese ^{nur}Wicklungen den von den Positionserkennungsmagnetpolen 24 herrührenden magnetischen Fluß nachweisen oder wahrnehmen können. Die Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c können jeweils durch einen magnetischen Verstärker gebildet sein, der aus ^{einem}magnetisch-sättigbaren Kern mit einer um diesen gewickelten Spule besteht. Zur Steuerung des von einer Gleichspannungsquelle 36 den Antriebswicklungen 30 a - 30 c zugeführten Antriebsstromes sind Schaltkreise 35 a - 35 c vorgesehen. Eine Steuereinrichtung 38 dient dazu, eine Veränderung des Widerstandes ^{der}Positionserkennungswicklungen oder magnetischen Verstärker 32 a - 32 c nach zu weisen, die durch die Rotation des Rotors 22 hervorgerufen wird, und die zugeordneten Schaltkreise 35 a - 35 c nach Maßgabe der festgestellten Änderungen zu steuern. Die Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c werden von einer Hochfrequenzspannungs-

quelle 39 gespeist. In der Fig. 3 ist mit 40 ein im axialen Schnitt etwa U-förmiges Gehäuse bezeichnet, das mit einem zylindrischen Teil 42 mit einer zentralen Bohrung 41 versehen ist. An der Oberseite ist das Gehäuse 40 mit Welle 25 im mittleren Teil

Das Gehäuse 40 ist an seiner Oberseite mit einem Deckel 43 verschlossen, der eine zentrale Öffnung aufweist, durch die Drehwelle 25 nach außenragt. Wie oben erwähnt, ist der Rotor 22 mittels einer Buchse 22 a im mittleren Bereich an der Drehwelle 25 befestigt. Die Drehwelle 25 ist in der zentralen Bohrung 41 des zylindrischen, aufragenden Teiles 42 angeordnet und ist über ein geöltes Metallteil 45 an der Innenfläche der Bohrung 41 abgestützt. Am unteren Ende ist die Bohrung 41 mit Axialdrucklager 46 verschlossen, das mit Schrauben 46 a an dem Gehäuse 40 befestigt ist.

An dem zylindrischen Teil 42 ist ein Joch 47 aus übereinandergeschichteten Blechen aus Metall wie Aluminium befestigt, das für 12 Antriebsmagnetpole 21 enge Arbeitsspalte bildet. Die Antriebswicklungen 30 a - 30 c sind in einer vorbestimmten Lage zueinander auf dem Joch befestigt. Unterhalb des Joches 47 ist ein Stützring 47 a angeordnet, an dem eine kreisförmige Platte 48 befestigt ist, die die Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c trägt. Mit 49 ist ein Anschlußkabel und mit 49 a sind Stellschrauben bezeichnet.

Bei dieser Anordnung erfahren die von der Hochfrequenzquelle 39 gespeisten Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c unter dem Einfluß des magnetischen Flusses, der von den Positionserkennungsmagnetpolen erzeugt wird, die an der unteren Fläche des an dem

Rotor 22 befestigten Rings 27 aus magnetischen Material gebildet werden, Änderungen ihres Widerstandes. Dies führt zu entsprechenden magnetischen Modulationen des HF-Speise-Stromes und ermöglicht so die Erkennung der Position des Rotors 22. Die Positionserkennungssignale werden mit Hilfe der Steuereinrichtung 38 erzeugt und den Antriebsschaltkreisen 35 a - 35 c zugeführt, die mit den zugeordneten Antriebswicklungen 30 a - 30 c verbunden sind. Auf diese Weise werden die Antriebswicklungen 30 a, 30 d und/oder 30 c entsprechend den von den Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c wahrgenommenen Positionssignalen über die Antriebsschaltkreise 35 a - 35 c mit Strom zum Antrieb des Rotors 22 versorgt.

Die Figur 4 a zeigt die Wellenform des Positionserkennungssignal, das von den Positionserkennungswicklungen 32 a - 32 c erzeugt und magnetisch moduliert wird, wenn sich der Rotor 22 dreht. In der Figur 4 sind mit den Bezugszahlen 41, 42 und 43 jeweils die Wellenformen der Positionserkennungssignale bezeichnet, die von den Erkennungswicklungen 32 a, 32 b bzw. 32 c erzeugt werden. Zu beachten ist, daß in der Figur 4 nur die einhüllende der jeweiligen Wellenformen dargestellt ist. In Wirklichkeit stellen die gezeigten Wellenformen die einhüllende der Wellenform des von der Hochfrequenzstromquelle 39 erzeugten HF-Stromes dar. Die Reihe b der Fig. 4 zeigt die Wellenform des Positionserkennungssignals, wie es nach einer Gleichrichtung in der Steuereinrichtung 38 zur Verfügung steht. Die in der Reihe b eingezeichneten Wellenformen 45, 46 und 47 entsprechen jeweils den Wellenformen 41, 42 und 43 des Teils (a) der Fig. 4.

Wie man aus den in der Fig. 4 dargestellten Wellenformen erkennt, ist es mit Hilfe der Einrichtung, das die Antriebsmagnetpole und die Magnetpole zur Positionserkennung

in ein und demselben magnetischen Ring 27 gebildet sind, möglich, die Position des Rotors mit hoher Genauigkeit festzustellen. Weiter ermöglicht der Aufbau des Rotors 22, bei dem die Positionserkennungspole 24 und die Antriebspole 21 in einem einzigen Teil zusammengefaßt sind, eine sehr kleine Ausbildung des Rotors und damit des kommutatorlosen Gleichstrommotors und garantiert in vorteilhafter Weise eine hohe Zuverlässigkeit und eine vergrößerte Lebensdauer des Motors. Beispielsweise ist bei der erfindungsgemäßen Rotorkonstruktion der Nachteil bekannter Motoren derselben Art vermieden, daß die Positionserkennungsmagnetpole 24 und die Antriebsmagnetpole 21 nach einer längeren Betriebszeit durch mechanische Erschütterungen aus ihrer korrekten gegenseitigen Lage gebracht werden können. Außerdem kann ein Rotor, der in der im folgenden beschriebenen erfindungsgemäßen Weise hergestellt wird, die entsprechende gegenseitige Anordnung der einzelnen Magnetpole mit hoher Genauigkeit einhalten, wodurch ebenfalls eine erhöhte Zuverlässigkeit im Betrieb erreicht wird, der durch die Wellenformen a) und b) der Fig. 4 dargestellt ist.

Im Folgenden wird nun auf das Verfahren eingegangen, nachdem der Rotor hergestellt wird, dessen Ring aus magnetischem Material so magnetisiert ist, daß die oben beschriebene Antriebs- und Erkennungsmagnetpolringe 21 und 24 gebildet werden. Die Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung eine Anordnung einer Magnetisierungseinrichtung für den Rotor des erfindungsgemäßen kommutatorlosen Gleichstrommotors, die Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch diese Anordnung längs der Linie VI-VI der Fig. 5, wobei mit 51 ein Ring aus magnetischen Material bezeichnet ist, der an der Innenwand des Rotors befestigt ist. Dieser Ring 51 aus magnetisierbarem Material, ^{der} dem in den Fig. 2 und 3 dargestellten magnetischen Ring 27 entspricht, kann aus einem ferromagnetischen Ma-

terial wie Barium-Ferrit in Form eines gesinterten Ringes hergestellt werden. Die Magnetisierungsvorrichtung umfaßt ein Magnetisierungsjoch 52, mit dem der innere Umfangsbereich des magnetischen Materials 57 in einer ringförmigen Anordnung von 12 Magnetpolsegmenten permanent magnetisiert werden kann, Wicklungen 53, die um die Polschuhe des Joches 52 gewickelt sind, ein Magnetisierungsjoch 54, mit dem der außen-seitige Teil des Magnetringes 51 permanent magnetisierbar ist, der Art, daß eine Anordnung von 6 magnetischen Segmenten entsteht, die wie oben erwähnt zur Positionserkennung verwendet werden, Wicklungen 55, die um die Polschuhe des Magnetisierungsjoches 54 gewickelt sind, einen Hauptschalter 56 und eine Stromquelle 57, die den Magnetisierungsstrom liefert. Es ist unmittelbar ersichtlich, daß die auf die Polschuhe des Magnetisierungsjoches 52 gewickelten Magnetisierungswicklungen zur Magnetisierung der Innenwand des Magnetringes 51, um dort die 12 Antriebsmagnetpole zu erzeugen, alternierend mit verschiedenem Wicklungssinn gewickelt sind. Andererseits sind an dem Joch 54 zur Magnetisierung der Positionserkennungspole nur 6 Polschuhe vorgesehen, was der halben Anzahl der Polschuhe des Magnetisierungsjoches 52 entspricht, wobei die 6 Polschuhe in radialer Richtung jeweils mit den einen der alternierenden Polschuhe des Magnetisierungsjoches 52 ausgerichtet sind. Die wirksame Breite des Magnetisierungspolschuhes des Magnetisierungsjoches 54 im Verhältnis zu der unwirksamen Breite oder dem Spalt zwischen dem benachbarten Pol kann in einem geeigneten Verhältnis gewählt werden. Die an den Polschuhen des Magnetisierungsjoches 54 vorgesehenen Wicklungen sind gleichsinnig gewickelt, sodaß die 6 Magnetpole des Joches 54 dieselbe magnetische Polarität aufweisen. Die Wicklungen 55 und 53 sind hintereinander geschaltet und liegen damit über dem Hauptschalter 56 auch in Reihe mit der Magnetisierungsstromquelle 57.

Zur Magnetisierung des Magnetringes 51 wird der Schalter 56 geschlossen, wodurch aus der Stromquelle 57 ein Magnetisierungsstrom den Wicklungen 55 und 53 zugeführt wird. Der Ring 51 aus magnetischen Material wird dadurch permanent magnetisiert, der Art, daß die 12 Magnetpole, die als Antriebsmagnetpole 21 dienen, mit alternierend verschiedenen Magnetisierungsrichtungen an der Innenseite erzeugt werden, während 6 Magnetpole, die dieselbe Süd- oder Nord-Magnetisierungsrichtung aufweisen, an dem einen äußeren Umfangsabschnitt (am unteren Endabschnitt, wie in den Fig. 3 und 6 dargestellt ist) des Magnetringes 51 erzeugt werden. Es versteht sich, daß es von der Windungsrichtung der Wicklungen 55 oder Richtung des Magnetisierungsstromes abhängt, ob die 6 Magnetpole, die zur Lageerkennung verwendet werden, Nord- oder Süd-Polarität aufweisen.

Aus der obigen Beschreibung der Erfindung geht hervor, daß der Magnetring, der den wesentlichen Teil des Rotors darstellt, leicht und auf einfache Weise hergestellt werden kann mit gleichmäßig verteilt angeordneten Antriebsmagnetpolen an der inneren Randfläche, wobei eine halb so große Anzahl von Positionserkennungsmagnetpolen am unteren Endbereich ebenso in einer gleichförmigen Verteilung gebildet werden. Die Genauigkeit der Position der Magnetpole kann leicht dadurch erhöht werden, daß die Magnetisierungswicklungen 53 und 54 mit einer entsprechend hohen Genauigkeit vorgesehen werden. Dies bedeutet, daß die Gleichlaufcharakteristik des Rotors erheblich verbessert werden kann. Außerdem kann bei dem erfindungsgemäßen Rotoraufbau ein Hilfsrotor, der bei üblichen Motoren für die Positionserkennung notwendig ist, entfallen, was den Aufbau und die Montage vereinfacht und die Wirtschaftlichkeit der Herstellung des Motors erhöht.

Die Fig. 7 zeigt den charakteristischen Verlauf der Magnetisierung der Antriebsmagnetpole, die in dem Rotor 22 gebildet sind. Bei diesem Schaubild ist als Abszisse der magnetische Fluß $\Phi 1$ und $\Phi 2$ gewählt, während als Ordinate die Axiallänge der Magnetpole genommen ist. Mit 61 ist der Ring aus magnetischem Material bezeichnet, der dem Ring 27 der Fig. 3 entspricht. Die Bezugswahlen 63 bzw. 64 bezeichnen die Innenfläche des magnetisierbaren Ringes 61, die den Antriebswicklungen zugewandt ist und die äußere Umfangsfläche. Die Kurve 65 veranschaulicht die Stärke und den Verlauf der Magnetisierung in einem einzelnen Magnetpol, beispielsweise einem Nord-Pol, der an der Innenwand des magnetisierbaren Ringes 61 des Rotors gebildet ist, während die Kurve 66 die Stärke der Magnetisierung und deren Verlauf in dem anderen Magnetpol (der an den durch die Kurve 65 dargestellten grenzt) veranschaulicht. Ebenso ist in der Fig. 7 b die Stärke der Magnetisierung und deren Verlauf für die Magnetpole zur Positionserkennung graphisch dargestellt. Die Kurve 68 entspricht der Kurve 65 der Fig. 7 a und die Kurve 69 entspricht etwa der Kurve 66 der Fig. 7 a. Es ist jedoch zu beachten, daß die magnetischen Flüsse $\Phi 1$ und $\Phi 2$ längs der Ordinate und die axiale Ausdehnung des magnetischen Materials längs der Abszisse aufgetragen ist.

Die Fig. 8 zeigt im Hinblick auf Verlauf und Stärke der Magnetisierung die Verhältnisse bei den Antriebsmagnetpolen und den Positionserkennungsmagnetpolen in vergleichender Darstellung. In dieser Figur bezeichnen die Symbole P 1, P 2, ... P 11 und P 12 die Antriebsmagnetpole, die an der Innenwand des magnetischen Ringes 61 gebildet sind, während die Bezugswahlen 70 und 71 die Magnetisierungsverlaufskurven der Antriebsmagnetpole bezeichnen, die in den Flußrichtungen $\Phi 1$ bzw. $\Phi 2$ magnetisiert sind. Die in gestrichelten Linien dargestellte Kurve zeigt die Stärke und den Verlauf der Magnetisierung in den Positionserkennungsmagnetpolen. Die Kurven 72 und 73 stellen die ent-

sprechenden Eigenschaften dar, die durch die vorerwähnten Kurven 70 bzw. 71 dargestellt sind. Das Verhältnis der Dimensionen ℓ_1 und ℓ_2 entspricht dem Verhältnis der wirksamen Breite zu dem nicht wirksamen Abstand der Polschuhe des Joches zur Permanentmagnetisierung der unteren Fläche des magnetisierbaren Ringes, wobei die Polschuhe in radialer Richtung mit den jeweils alternierenden Polschuhen des Joches zur Erzeugung der Antriebsmagnetpole ausgerichtet sind. Es versteht sich, daß der Verlauf der Magnetisierung dadurch verändert werden kann, daß das obige Verhältnis der Dimensionen geändert wird. Dies bedeutet aber, daß man bei der Auswahl des Positionserkennungselementes (magnetischen Verstärkers) nicht besonders eingeschränkt ist.

Zwar ist im vorhergehenden Teil der Beschreibung angenommen, daß die Zahl der Antriebsmagnetpole 12 und diejenige der Positionserkennungspole 6 sei, jedoch kann auch eine andere, größere oder kleinere geeignete Zahl von Magnetpolen verwendet werden.

Auch ist die Erfindung nicht auf die Verwendung eines magnetischen Verstärkers beschränkt. Die Erfindung kann auch bei Verwendung einer anderen Art von Nachweiselementen, wie einem Hall-Detektor ausgeführt werden.

Es ist auch möglich, die Antriebsmagnetpole an der Außenseite oder Stirnfläche des magnetisierbaren Ringes anzuordnen und die Positionserkennungspole an der Innenfläche des Ringes, im Gegensatz zu der vorbeschriebenen Anordnung.

Die Fig. 9 zeigt ein Schaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen

kommutatorlosen Gleichstrommotors. Dieser Motor weist einen Rotor 81 mit magnetischen Nord- und Südpolen auf, die an der äußeren Umfangsfläche des Rotors angeordnet sind, der mit Antriebswicklungen 82 a - 82 c ausgestattet ist, die gleichmäßig längs des Umfangs des Rotors verteilt angeordnet sind. Auf den Antriebswicklungen sind Generatorspulen 83 a - 83 c mit bifilaren Wicklungen vorgesehen. Positionserkennungselemente 84 a - 84 c sind gleichmäßig um den Rotor 81 verteilt in ähnlicher Weise wie im Falle der zuvor in Verbindung mit der Figur 1 beschriebenen Anordnung vorgesehen. Weiter sind Schaltfunktionen ausübende Schaltkreise 85 a - 85 c vorgesehen, deren jeder einen Differentialverstärker 852 mit einem zwischen den Eingangs- und Ausgangsklemmen des Differentialverstärkers angeschlossenen Widerstand 851 aufweist, sowie einen Transistor 854, der mit dem Ausgang des Differentialverstärkers 852 über einen Widerstand 853 verbunden ist und einen Widerstand 855, der mit dem Eingang des Differentialverstärkers 852 verbunden ist. Die Schaltkreise 85 b und 85 c sind in derselben Weise aufgebaut, wie der Schaltkreis 85 a, wobei die Einzelheiten der Einfachheit der Darstellung wegen weggelassen worden sind. Man erkennt, daß der Kollektor des Transistors 854 mit dem einen Ende der zugeordneten Antriebswicklung 82 a, 82 b oder 82 c verbunden ist. Dem Antriebsschaltkreis sind entsprechende Eingangsschaltkreise 86 a - 86 c zugeordnet, deren jeder Dioden 861 und 862 und Widerstände 863 - 865 umfaßt. Die Kathode der Dioden 861 und 862 sind über einen Widerstand 865 gemeinsam mit der positiven Eingangsklemme des Differentialverstärkers 852 des zugeordneten Schaltkreises 85 a, 85 b oder 85 c verbunden und zusätzlich über die Widerstände 864 und 863 mit den negativen oder Minus-Eingangsklemmen der anderen Schaltkreise. Die Anoden der Dioden 861 sind jeweils mit dem einen Ende der zugeordneten

Generatorspulen 83 a - 83 c verbunden. Mit 87 a - 87 c sind Positionserkennungsschaltkreise bezeichnet, deren jeder eine Diode 871, einen Widerstand 872, einen Kondensator 873 und einen Widerstand 874 umfaßt und als Detektor und Filter arbeitet. Die Positionserkennungselemente 84 a - 84 c sind mit den Eingängen der jeweiligen Positionserkennungsschaltkreise verbunden. Es ist weiter ein Hochfrequenzoszillator 88 vorgesehen, der aus einem Transformator 881 mit Primär- und Sekundärwicklungen, einem Transistor 882, Kondensatoren 883, 888 und 889 und Widerstände 884 - 887 aufgebaut ist. Die Ausgangsseite des Oszillators 88 ist mit den Eingängen der Positionserkennungsschaltkreise 87 a - 87 c verbunden. Weiter ist ein Start-Stop Steuerschaltkreis 89 vorgesehen, der einen Transistor 891 mit einem mit der Basis des Transistors 882 des Hochfrequenzoszillators 88 verbundenen Kollektor und einen Komparator 892 umfaßt, der aus Transistoren oder einem für allgemeine Differentialfunktionen geeigneten Operationsverstärker besteht. Mit 893 - 896 sind Widerstände bezeichnet. Ein Tiefpassfilter 91 ist mit seinem einen Eingang mit den Generatorspulen 83 a - 83 c über Diode 921-923 verbunden, die einen Dreiphasen-Gleichrichter 92 bilden und mit einem Ausgang mit dem Eingang eines Schaltkreises 93 zur Steuerung der Umdrehungszahl. Mit 911 und 912 sind Widerstände mit 913 - 915 Kondensatoren bezeichnet. Ein Referenzspannungskreis 94 umfaßt eine Zenerdiode 941, einen variablen Widerstand 942 und einen Widerstand 943, damit ein Bezugswert für den Schaltkreis 93 zur Steuerung der Umdrehungszahl eingestellt werden kann, der seinerseits einen Differentialverstärker 931, Widerstände 933 - 938 und einen Transistor 932 umfaßt, dessen Kollektor mit den Emittern der Transistoren 854 der Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c verbunden ist. Andererseits ist der Emitter des Transistors 932 mit der negativen oder Minus-Eingangsklemme des

Komparators 892 des Start-Stop-Steuerschaltkreises 89 verbunden. Der positive oder Plus-Eingang des Komparators 892 ist mit der Ausgangsseite des Dreiphasen-Detektors oder -Gleichrichters 92 verbunden. Die anderen Enden der Antriebswicklungen 82 a - 82 c sind mit der Stromquelle verbunden, während die anderen Enden der Generatorspule 83 a - 83 c sowie die Positionserkennungselemente 84 a - 84 c geerdet sind.

Die Funktionsweise des im vorigen beschriebenen Gleichstrommotors wird nun anhand der Wellenformdarstellungen der Fig. 10 erläutert. Wenn der Hochfrequenzoszillator 88 erregt ist, so wird das Hochfrequenz Ausgangssignal über den Transformator 881 und die Widerstände 874 der Positionserkennungsschaltkreise 87 a - 87 c den Positionserkennungselementen 84 a - 84 c zu deren Stromversorgung zugeführt. Der Hochfrequenzstrom, der den Positionserkennungskreisen 87 a - 87 c zugeführt wird, wird magnetisch moduliert in Abhängigkeit von der relativen Anordnung der Flußrichtung des Rotors und der Positionserkennungselemente 84 a - 84 c, wobei Signale mit den in der Fig. 10 dargestellten Wellenformen e 1, e 2 und e 3 über den Widerständen 874 der Positionserkennungsschaltkreise 87 a - 87 c erzeugt werden. In diesem Zusammenhang sei hinzugefügt, daß die Wellenformen e 1, e 2 und e 3 nur die Einhüllenden der jeweiligen modulierten Signale darstellen.

Die Ausgangssignale der Positionserkennungsschaltkreise 87 a - 87 c sind Eingangssignale für die Eingangsschaltkreise 86 a - 86 c für die Antriebsschaltkreise und werden über die Detektor- und Filterschaltkreise zugeführt, die die Diode 871, den Kondensator 873 und den Widerstand 872 umfassen. Zu diesem Zeitpunkt haben die Spannungen

e 4, e 5 und e 6 die an der Kathodenseite der Dioden 871 auftreten, die in der Reihe (d) der Fig. 10 dargestellten Wellenformen. Diese Spannungen werden sodann zu der Einweggleichrichtung durch die jeweiligen Dioden 862 unterworfen. Die Spannungen e 7, e 8 und e 9, die dann an den jeweiligen Widerständen 866 auftreten, haben dann die in den Reihen (e), (f) und (g) der Fig. 10 dargestellten Wellenformen. Nach der Einweggleichrichtung werden Signale über die Widerstände 865, 864 und 863 den Antriebsschaltkreisen 85a, 85b und 85c zugeführt und die Spannungen e 10, e 11 und e 12 mit den Wellenformen (h), (i) und (l) werden an die Minus-Eingangsklemmen der Differentialverstärker 852 der Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c angelegt, und die Spannungen e 13, e 14 und e 15 mit den Wellenformen (h), (i) und (l) der Fig. 10 werden an die Plus-Eingangsklemmen der Antriebsschaltkreise angelegt. Wie bereits erwähnt, ist der Verstärker 852 als Differentialverstärker ausgebildet, der die Eigenschaft hat, daß er in Phase befindliche Komponenten eliminiert und damit als eine Art Phasendetektor betrachtet werden kann. Wenn dem gemäß die Spannungen e 13 und e 14 mit der Wellenform (h) der Fig. 10 an die Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c angelegt werden, so kann das Ausgangssignal e 16 mit der Wellenform (i) der Fig. 10 erhalten werden. Werden andererseits die Spannungen e 14 und e 11 mit der Wellenform (i) der Fig. 10 angelegt, dann erscheint am Ausgang eine Spannung e 17 mit der Wellenform (k) der Fig. 10, während die Ausgangsspannung e 18 mit der Wellenform (m) erhalten werden kann, wenn die Spannungen e 15 und e 12 mit den Wellenformen (l) angelegt werden. Mit anderen Worten, wenn die Ausgangssignale e 16 und e 18 von Zweiphasenkomponenten abgeleitet werden dann erfolgt keine Überlagerung dieser Komponenten. Wenn ein Ausgangssignal den Wert Null an-

nimmt, dann wird gleichzeitig das andere Ausgangssignal auftreten. Auf diese Weise können Situationen, in denen keine der Antriebswicklungen 82 a - 82 c erregt ist, oder zwei Antriebswicklungen gleichzeitig erregt sind, wirksam ausgeschlossen werden, was eine ideale Arbeitsweise eines Antriebsschaltkreises bedeutet. In dieser Schaltung können natürlich, wenn als Verstärker 852 der Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c Differentialverstärker mit hohem Verstärkungsfaktor verwendet werden und für die Widerstände 865, 864 und 863 geeignete Widerstandswerte gewählt werden, binäre Impulssignale wie die durch die Wellenformen (j), (k) und (m) der Fig. 10 dargestellten Signale e 16' e 17'; und e 18' Signale als Ausgangssignale erhalten werden.

Wenn die Rotation des Rotors 81 durch die oben beschriebenen Schaltkreisvorgänge eingeleitet wird, so werden, wenn sich der Rotor dreht, in den Generatorspulen 83 a - 83 c Spannungen induziert, wobei die in der Fig. 11 dargestellte Ausgangsspannung e 21 erhalten werden kann. Diese Spannung wächst als Funktion der Rotation progressiv an und wird über die Dioden 861 der Eingangsschaltkreise 86 a - 86 c an die Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c angelegt. Wenn die erzeugte Spannung einen genügend hohen Wert erreicht hat, um die Antriebsschaltkreise 85 a - 85 c betätigen zu können, so besteht die weitere Funktion darin, daß sich der Basiswiderstand des Transistors 882 des Oszillatorschaltkreises 88 erniedrigt und daß die Oszillation unterbrochen wird. Hiernach wird die Rotation durch die erzeugte Spannung aufrechterhalten. Auf diese Weise kann, da der Antrieb durch die Generatorspulen 83 a - 83 c bewirkt wird, die als Bifilarwicklungen auf den Antriebswicklungen 82 a - 82 c angeordnet sind, eine Ungleichmäßigkeit der zeitlichen Dauer des Antriebsstromes, die durch Schwankungen in der

Größe und Phase der Positionserkennungssignale auftreten könnten, wobei solche Schwankungen Fertigungstoleranzen und mit der Zeit auftretenden Änderungen der Anordnung der Positionserkennungselemente zuzuschreiben sind, positiv unterdrückt werden. Daher kann ein ungleichmäßiger Lauf des Rotors 81 wirksam verhindert werden.

Es erscheint auch von Interesse, die Wirkungsweise des Start-Stop-Schaltkreises 89 zur Steuerung des HF-Oszillatorschaltkreises 88 zu erläutern. Wenn der Rotor 81 angelassen wird, dann wird der Emitterstrom des Transistors 932 des Schaltkreises 93 zur Steuerung der Umdrehungszahl über den Widerstand 893 der Minus-Eingangsklemme des Komparators 892 zugeführt, während dem ^{an}positiven oder Plus-Eingang des Komparators nach Einweggleichrichtung in dem Dreiphasengleichrichter 92 und nach Filterung durch das Tiefpassfilter 91 die in den Generatorspulen induzierte Spannung angelegt wird. Da sich der Transistor 932 des Umdrehungszahlsteuerschaltkreises 93 beim Anlaufen des Motors in der Sättigung befindet, hat der durch die Antriebswicklungen 82 a- 82 c fließende Strom dann seinen Maximalwert. Die Folge davon ist, daß über den Emitterwiderstand 938 des Transistors 932 eine große Potentialdifferenz herrscht. Dieses Potential e_{22} nimmt nach dem Anlaufen in der Fig. 11 dargestellten Weise als Funktion der Zeit ab. Im Gegensatz dazu erhöht sich, wie aus Fig. 11 zu ersehen ist, die Generatorspannung e_{21} als Funktion der Zeit bzw. mit erhöhter Drehzahl. Wenn der Rotor 81 im Zeitpunkt t_1 eine vorbestimmte Umdrehungszahl erreicht hat, wird diese Spannung e_{21} größer als e_{22} , was der Komparator 892 durch Erzeugung eines Ausgangssignals e_{23} beantwortet, das positiv ist. Der Transistor 891 gelangt dadurch in die Sättigung,

was den Widerstand der Emitter-Kollektorstrecke erniedrigt, worauf der Betrieb des HF-Oszillatorschaltkreises 88 unterbrochen wird. Hiernach können die Positionserkennungssignale von den Generatorspulen 83 a - 83 c abgenommen werden. Auf diese Weise kann der für den Betrieb des Oszillatorschaltkreises erforderliche Stromverbrauch wirksam erniedrigt werden.

Aus der vorhergehenden Beschreibung geht hervor, daß bei dem erfindungsgemäßen kommutatorlosen Gleichstrommotor jeder der Antriebsschaltkreise für die Antriebswicklungen einen Differentialverstärker umfaßt, der die gleichphasigen Komponenten eliminiert, der an seinem einen Eingang ein Positionserkennungssignal von einem der Positionserkennungselemente empfängt und an dessen anderem Eingang die Summe der Positionserkennungssignale der anderen Positionserkennungselemente anliegt. Bei einer derartigen Anordnung kann keine Situation entstehen, in der die Antriebsschaltkreise überhaupt keine der Antriebswicklungen oder gleichzeitig mehr als eine Antriebswicklung speisen. Die Antriebswicklungen werden positiv nacheinander erregt, was der Grund dafür ist, daß das Anlaufen des Motors erleichtert ist und die beim Anlaufen der bisher bekannten Motoren beobachteten Schwierigkeiten nicht auftreten. Weiter hat man durch die Verwendung von Generatorspulen mit Bifilarwicklungen auf den Antriebswicklungen die Möglichkeit, die Antriebsschaltkreise mit den in den Generatorspulen induzierten Spannungen betreten zu können, wenn der Rotor eine vorbestimmte Umdrehungszahl erreicht hat. Dadurch wird insgesamt nicht nur ein weicher Lauf des Rotors gewährleistet sondern der auch der Stromverbrauch erniedrigt.

Gemäß Fig. 9 ist jedes der Positionserkennungselemente 84 a - 84 c den Magnetpolen des Rotors 81 gegenüberliegend angeordnet und besteht aus einem mit einem Permanentmagnet 842 gekoppelten magnetischen Verstärker 841. Werden also die Positionserkennungselemente 84 a - 84 c nicht dem Einfluß eines äußeren, von den Magnetpolen des Rotors erzeugten Magnetfeldes ausgesetzt sind, so wird der magnetische Verstärker wegen des Vormagnetisierungsfeldes, das von dem N-Pol des Permanentmagneten erzeugt wird, dennoch im Sättigungsbereich gehalten, was den Wechselstromwiderstand des magnetischen Verstärkers extrem niedrig hält. Es sei angenommen, daß der äußere magnetische Fluß, der von dem Rotor 81 ausgeht, den N-Polfluß Φ_{11} und den S-Polfluß Φ_{12} umfaßt, und daß sich der angelegte äußere Fluß Φ_{11} und der durch den N-Pol des Permanentmagneten 842 erzeugte konstante Fluß gerade aufheben, in welchem Falle der durch den Kern des magnetischen Verstärkers 841 hindurchtretende magnetische Fluß erniedrigt wird. Die Folge davon ist, daß der magnetische Verstärker 841 in den nicht gesättigten Bereich gelangt, wodurch sich sein Wechselstromwiderstand erhöht. Diese Änderung des Wechselstromwiderstandes kann nachgewiesen und als Positionserkennungssignal ausgenutzt werden. Für den Fall, daß der magnetische Verstärker 841 dem magnetischen S-Polfluß Φ_{12} ausgesetzt ist, wird der durch den Kern 843 hindurchtretende Fluß weiter erhöht, sodaß der magnetische Verstärker in einen noch mehr gesättigten Bereich gelangt, in dem sein Wechselstromwiderstand im Wesentlichen Null wird. Auf diese Weise werden, wenn ein magnetischer Verstärker der beschriebenen Art verwendet wird, Positionserkennungssignale in einer der halben Anzahl der Antriebs-
81
magnetpole entsprechenden Anzahl als Antwort auf die am Umfang des Rotors gebildeten S-Pole erzeugt. Diese Positionserkennungssignale sind die Eingangssignale für die zuge-

Zufuhr

ordneten Antriebsschaltelemente und bewirken die . ' des Antriebsstromes zu den entsprechenden Antriebswicklungen.

Wenn dem gemäß ein sättigbarer oder übersättigbarer magnetischer Verstärker mit hoher Empfindlichkeit in Kombination mit einer Einrichtung benutzt wird, mit der an den Verstärker ein konstantes Vormagnetisierungsfeld angelegt werden kann, um dadurch ein Nachweisfeld mit einer bestimmten Richtung in dem kommutatorlosen Gleichstrommotor zu erzielen, so kann, wenn die Positionserkennungselemente in unmittelbarer Nähe des Umfanges des Rotors angeordnet sind, auf den bislang erforderlichen Hilfsrotor verzichtet werden; Der Motor ist dann billiger herstellbar und kann ebenso wie die Ausführungsformen nach den Fig. 2 - 3 sehr raumsparend ausgeführt werden. Anzuführen ist jedoch, daß in dem Falle, daß das Positionserkennungselement aus einer Kombination eines magnetischen Verstärkers mit einem Permanentmagneten besteht, die Anzahl der Einzelteile etwas erhöht ist im Vergleich zu der in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, bei der die durch Magnetisierung erzeugten Antriebsmagnetpole des Rotors und die Positionserkennungspole an einem gemeinsamen Block aus magnetisierbarem Material angeordnet sind.

Patentansprüche:

- ① Kommutatorloser Gleichstrommotor mit einem Rotor, mit einer am Umfang des Rotors erzeugten Anzahl von Antriebsmagnetpolen, mit um den Rotor herum angeordneten Antriebsspulen zur Erzeugung eines auf die Antriebsmagnetpole wirkenden magnetischen Flusses zum Antrieb des Rotors, dadurch gekennzeichnet, daß längs des Umfangs des Rotors (22,27) Positionserkennungselemente (32a bis 32c) angeordnet sind, die nur auf den in einer bestimmten Richtung von dem Rotor erzeugten magnetischen Fluß ansprechen.
2. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (22) zusätzlich mit Positionserkennungsmagnetpolen (24) versehen ist, die den Positionserkennungselementen (32a bis 32c) gegenüber angeordnet sind, und daß die Magnetpole zur Positionserkennung so magnetisiert sind, daß sie auf die Positionserkennungselemente (32a bis 32c) nur in einer Richtung einen wirksamen magnetischen Fluß ausüben.
3. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Positionserkennungselement (32a bis 32c ; 84a bis 84c) aus einem magnetischen Verstärker (841) und einem Permanentmagneten (842) besteht.
4. Kommutatorloser Gleichstrommotor mit einem Rotor mit Antriebsmagnetpolen, mit um den Rotor herum angeordneten Antriebswicklungen, die einen magnetischen

Fluß erzeugen, der zum Antrieb des Rotors auf die Antriebsmagnetpole einwirkt und mit Positionserkennungselementen zur Feststellung der Position des Rotors, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionserkennungsmagnetpole zur Erzeugung eines magnetischen Flusses in einer bestimmten Richtung für die Positionserkennungselemente (32a bis 32c) einstückig mit dem Rotor (22) ausgebildet sind.

5. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionserkennungselemente (32a bis 32c) als magnetische Verstärker ausgebildet sind.
6. Verfahren zur Herstellung eines kommutatorlosen Gleichstrommotors nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Magnetisierung des Rotors (22) eine Anzahl auf Joche gewickelter Spulen an denjenigen Stellen des Rotors angeordnet werden, an denen die Antriebsmagnetpole und die Positionserkennungsmagnetpole gebildet werden sollen, und daß die gewünschten Magnetisierungsverhältnisse in den Magnetpolen durch die geeignete Stromzufuhr zu diesen Spulen erzielt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetisierungsspulengleichzeitig dem Magnetisierungsstrom ausgesetzt werden.
8. Kommutatorloser Gleichstrommotor mit einem Rotor, der so magnetisiert ist,

daß alternierend Magnetpole mit verschiedener Polarität gebildet sind, mit einer Anzahl von Antriebsspulen, die längs des Umfangs des Rotors angeordnet sind, mit Positionserkennungselementen zur Feststellung der Position des Rotors, und mit einem Antriebsschaltkreis, der nach Maßgabe der Ausgangssignale der Positionserkennungselemente Strom in die Antriebsspulen einspeist, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsschaltkreis (35a bis 35c ; 85a bis 85c) einen Differentialverstärker (852) umfaßt, an dessen einem Eingang das Positionserkennungssignal eines von mehreren Positionserkennungselementen anliegt, und an dessen anderem Eingang die Summe der Positionserkennungssignale der restlichen Positionserkennungselemente anliegt.

9. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Antriebsspulen (82a bis 82c) Generatorspulen (83a bis 83c) mit bifilaren Wicklungen vorgesehen sind, und daß die in den Generatorwicklungen (83a bis 83c) erzeugten Signale dem Antriebsschaltkreis (85a bis 85c , 86, 87) zuführbar sind, wenn der Rotor (81) eine bestimmte Umdrehungszahl erreicht hat.
10. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Speisung der Positionserkennungselemente (84a bis 84c) ein HF-Oszillator (88) verwendet ist, und daß ein Komparatorschaltkreis (89) vorgesehen ist, der ein Ausgangssignal erzeugt, wenn das in den Generatorspulen (83a bis 83c) erzeugte Signal größer wird als das Signal der Antriebswicklungen (82a bis 82c), wobei der Betrieb des HF-Oszillators (88) durch das Ausgangssignal des Komparatorschaltkreises (89) unterbrochen wird.

11. Kommutatorloser Gleichstrommotor mit einem längs seines Umfanges fortlaufend magnetisierten Rotor, mit um den Rotor herum angeordneten Antriebswicklungen, mit Positionserkennungselementen zur Feststellung der Position des Rotors und mit einem Antriebsschaltkreis, der nach Maßgabe des Ausgangssignals der Positionserkennungselemente den Antriebswicklungen einen Speisestrom zuführt, dadurch gekennzeichnet, daß das Positionserkennungselement einen magnetischen Verstärker (841) umfaßt, der einem konstanten Vormagnetisierungsfeld ausgesetzt ist, um ein Erkennungsfeld einer bestimmten Richtung zu erzeugen, und daß das Positionserkennungselement (841) zur Erzeugung eines Positionserkennungssignals in unmittelbarer Nähe des Rotors (81) angeordnet ist.
12. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die als magnetische Verstärker ausgebildeten und einem konstanten Vormagnetisierungsfeld ausgesetzten Positionserkennungselemente in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet und zu einer integrierten Anordnung zusammengefaßt sind.
13. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (22) einen ringförmigen Körper (27) aus magnetisierbarem Material umfaßt, der längs seines inneren Umfanges alternierend mit magnetischen N- und S-Polen versehen ist, und zusätzlich Positionserkennungsmagnetpole (24) aufweist, die an seinem äußeren Umfang längs eines Kantenbereiches des Ringes (27) aus magnetischem Material angeordnet sind.

14. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (22) im wesentlichen die Form einer Tasse aufweist und daß der Ring (27) aus magnetischem Material an der Innenwand des Rotors angeordnet ist.
15. Kommutatorloser Gleichstrommotor nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Positionserkennungselement (32a bis 32c) einen magnetischen Verstärker umfaßt, und daß die Anzahl der Positionserkennungsmagnetpole gleich der halben Anzahl der in dem Ring (27) aus magnetisierbarem Material erzeugten Antriebsmagnetpole ist.

FIG. 1

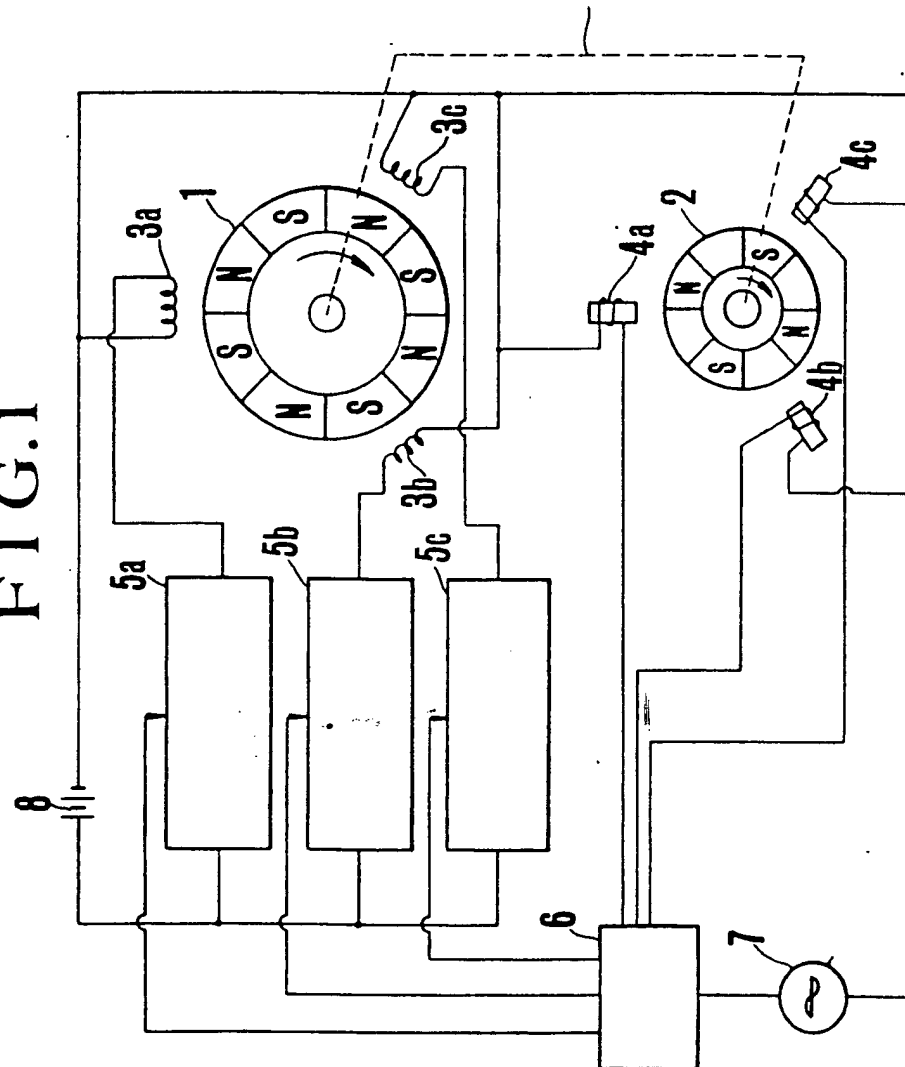


FIG. 2

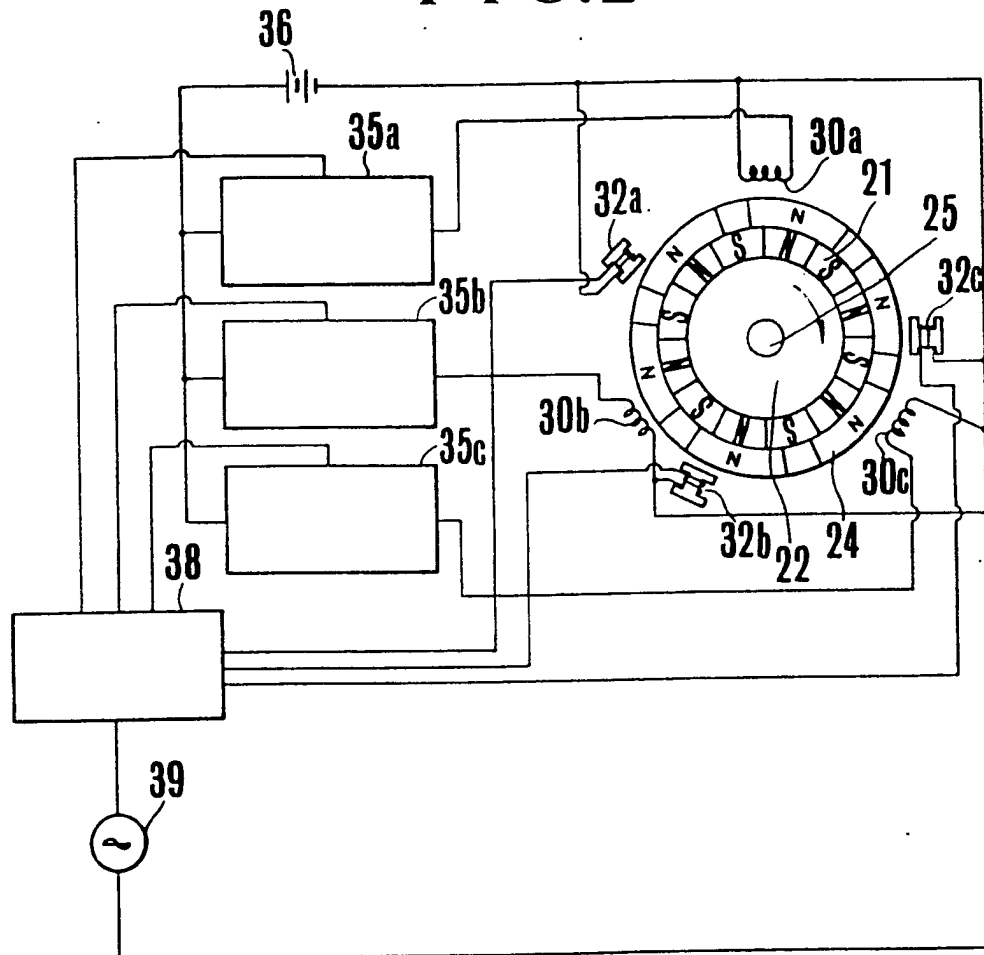


FIG.3

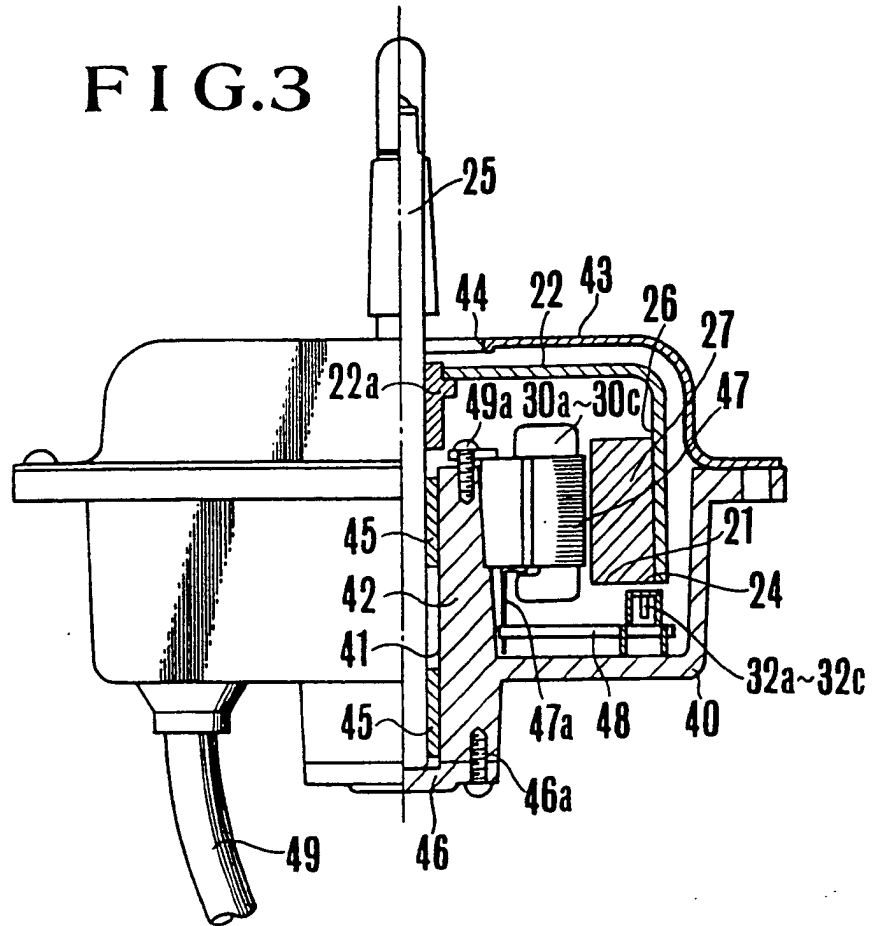


FIG.4

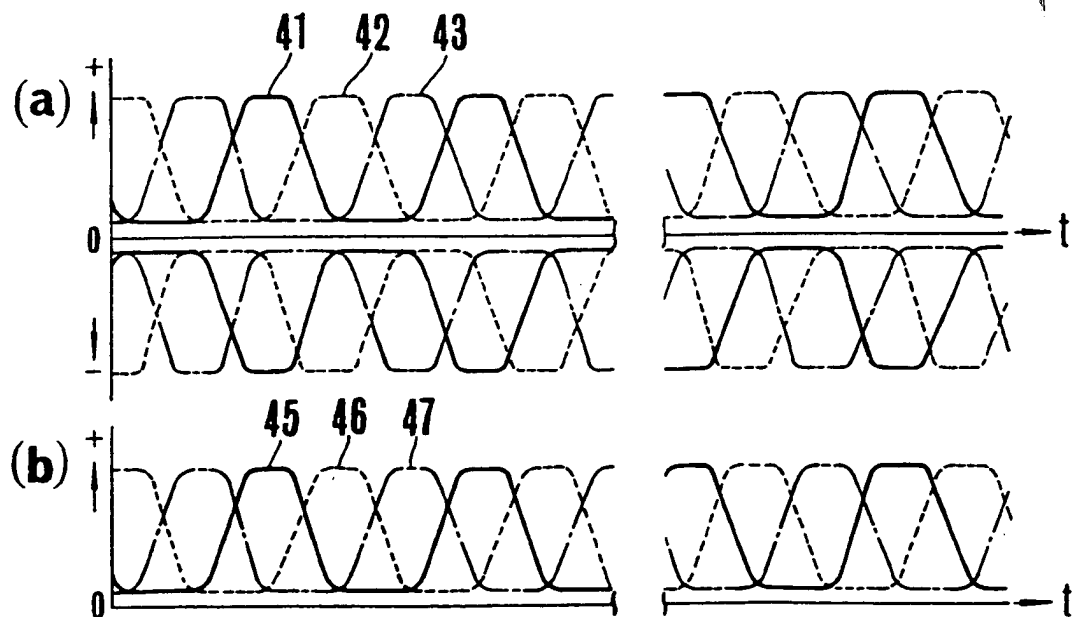


FIG.5

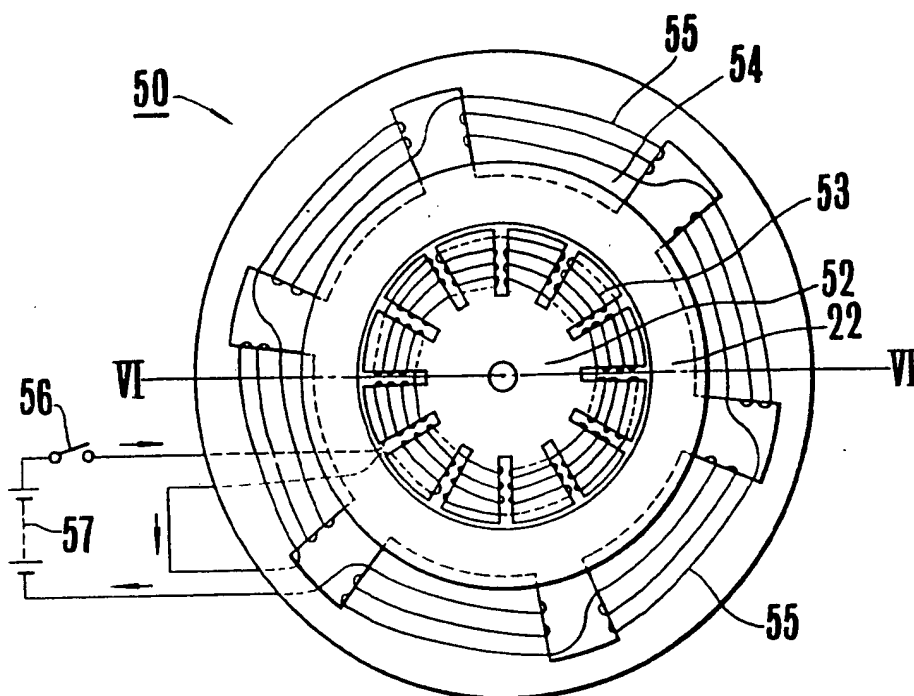


FIG.6

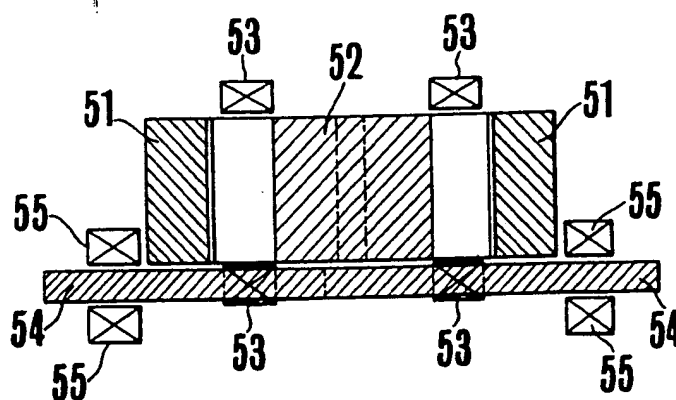


FIG. 7B

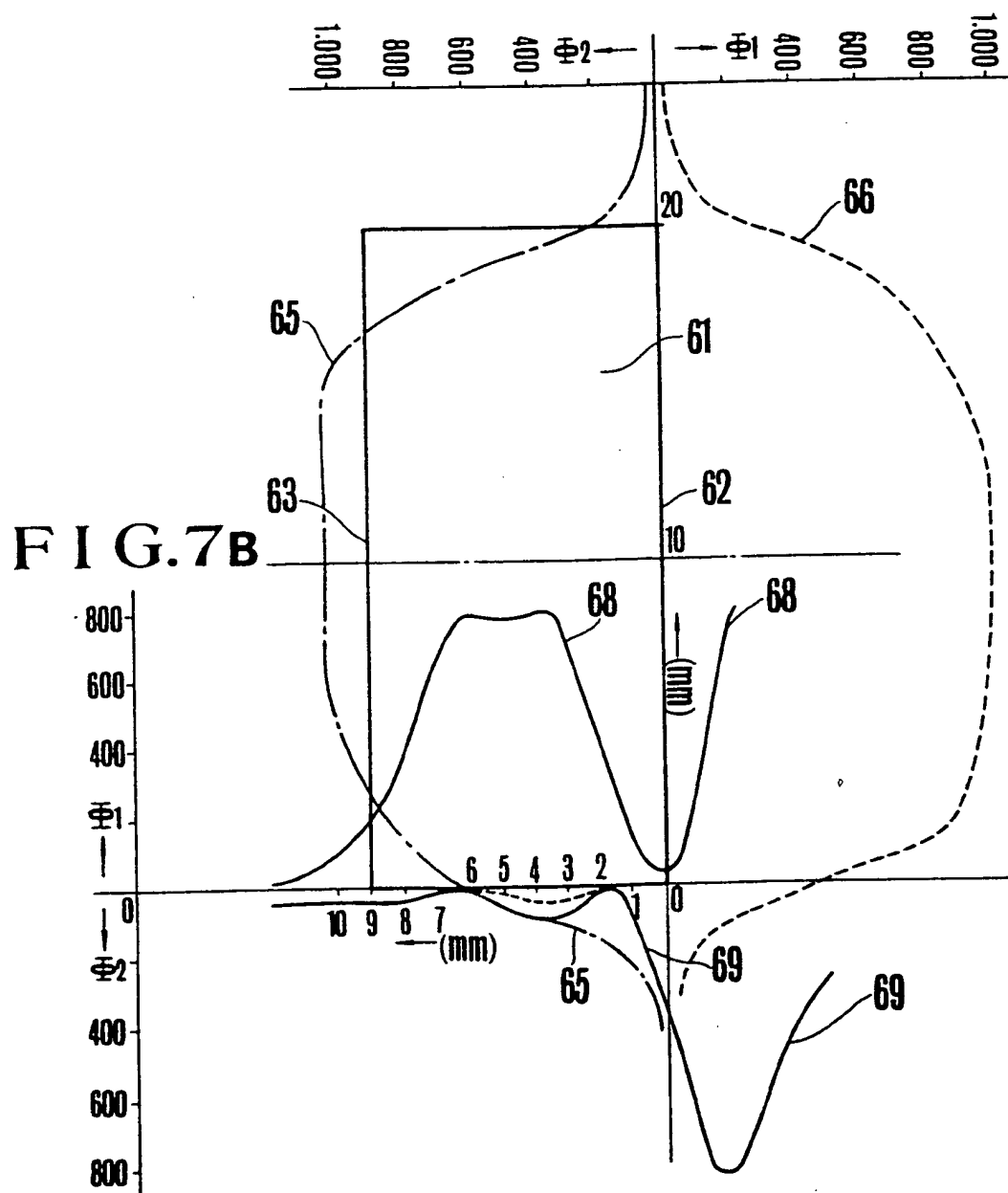
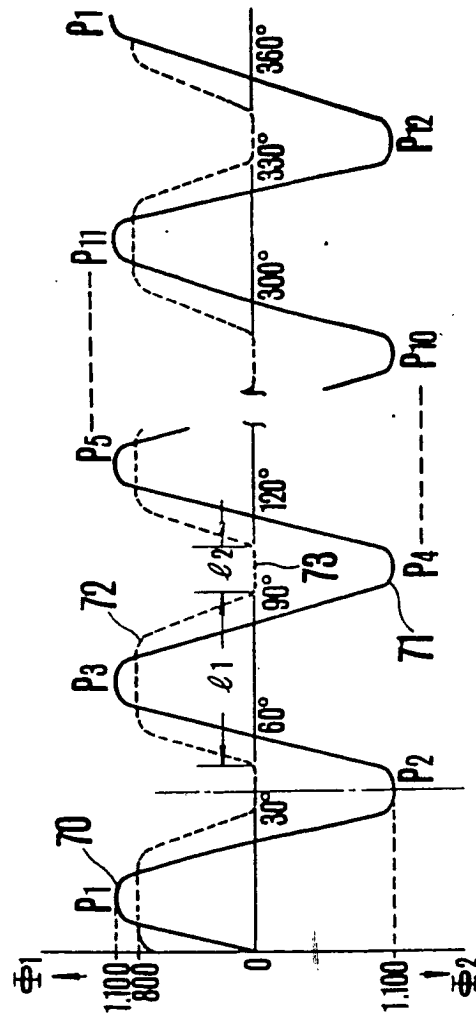


FIG.8



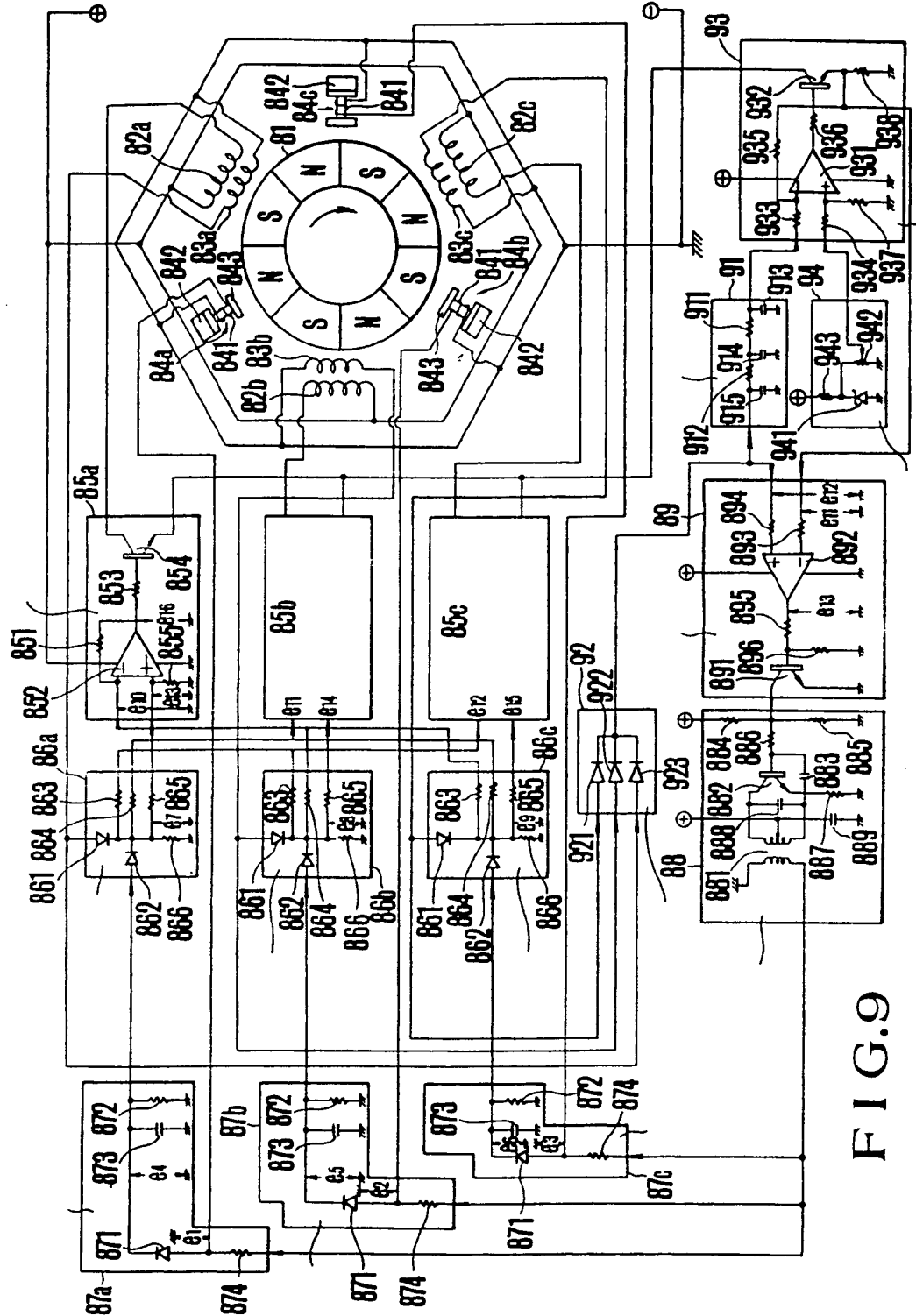


FIG. 9

FIG. 10

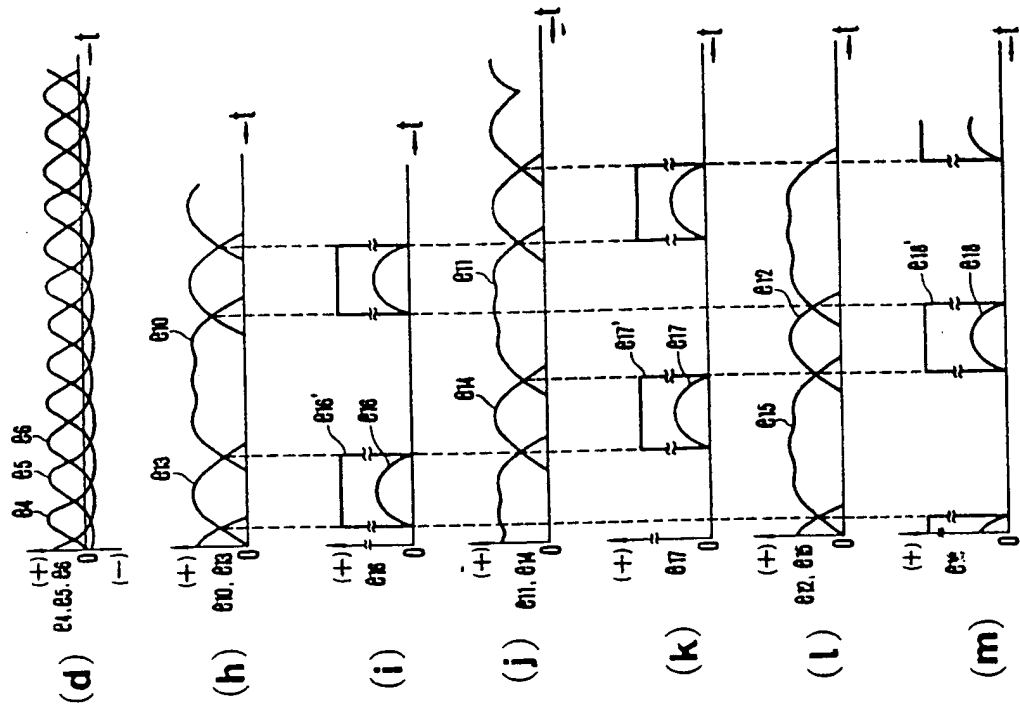
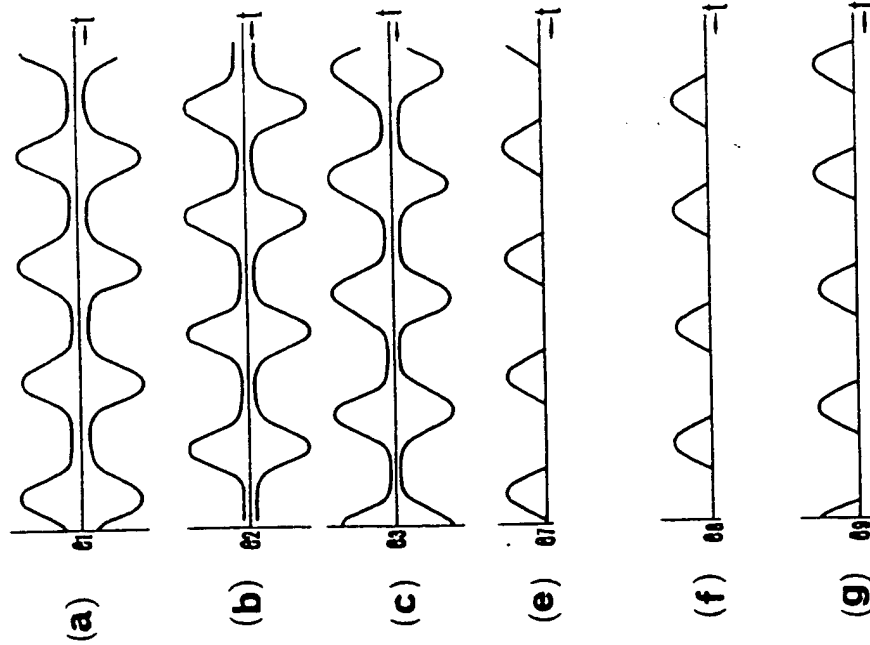


FIG. 11

